

PCT/JP 03/16299

19.12.03

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

JP03/16299

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 5 月 3 0 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 1 5 3 9 1 3
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 1 5 3 9 1 3]

出 願 人 三 菱 電 機 株 式 有 限 公 司
Applicant(s):

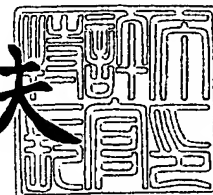
PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

RECEIVED	
12 FEB 2004	
WIPO	PCT

2 0 0 4 年 1 月 3 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



BEST AVAILABLE COPY

出 証 番 号 出 証 特 2 0 0 4 - 3 0 0 4 5 0 3

【書類名】 特許願
【整理番号】 545582JP01
【提出日】 平成15年 5月30日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H04J 11/00

H03M 13/41
H04B 3/06
H04B 7/005
H04L 1/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 井戸 純

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社
社内

【氏名】 有田 栄治

【特許出願人】

【識別番号】 000006013

【氏名又は名称】 三菱電機株式会社

【代理人】

【識別番号】 100089233

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉田 茂明

【選任した代理人】

【識別番号】 100088672

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉竹 英俊

【選任した代理人】

【識別番号】 100088845

【弁理士】

【氏名又は名称】 有田 貴弘

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012852

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 直交周波数分割多重信号の復調装置及び復調方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 直交周波数分割多重方式で伝送された畳み込み符号化したデータを復調する直交周波数分割多重信号の復調装置であって、

受信した直交周波数分割多重信号をフーリエ変換により複数のサブキャリア成分に変換するフーリエ変換部と、

前記フーリエ変換部から出力された複数の前記サブキャリア成分から複数のパイロット信号を抽出するパイロット抽出部と、

送信前の前記パイロット信号である既知信号を生成する既知信号生成部と、

前記パイロット抽出部から出力された前記パイロット信号を、前記既知信号生成部から出力された対応する前記既知信号で除算することにより前記パイロット信号の伝送路特性を算出する第1除算部と、

前記第1除算部から出力された前記パイロット信号の前記伝送路特性から前記サブキャリア成分の伝送路特性を算出する内挿フィルタ部と、

前記フーリエ変換部から出力された複数の前記サブキャリア成分を所定量遅延させる遅延調整部と、

前記遅延調整部により遅延調整された複数の前記サブキャリア成分を前記内挿フィルタ部から出力された対応する前記サブキャリア成分の前記伝送路特性で除算することにより、複数の前記サブキャリア成分の振幅及び位相を補正する第2除算部と、

前記第2除算部から出力された複数の前記サブキャリア成分から雑音電力に比例する雑音電力信号を算出する雑音電力算出部と、

前記内挿フィルタ部から出力された前記サブキャリア成分の前記伝送路特性と前記雑音電力算出部から出力された前記雑音電力信号とからブランチメトリックに対する重み係数を算出する重み係数算出部と、

前記第2除算部から出力された複数の前記サブキャリア成分に対して、前記重み係数算出部から出力された前記ブランチメトリックに対する重み係数に基づいてビタビ復号を行い、畳み込み符号化した前記データを再生するビタビ復号部と

を備えたことを特徴とする、

直交周波数分割多重信号の復調装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の直交周波数分割多重信号の復調装置であって、

前記雑音電力算出部は、

前記第 2 除算部から出力された複数の前記サブキャリア成分から補正後の前記パイロット信号を抽出するパイロット補正信号抽出部と、

補正後の前記パイロット信号の信号点と送信前の前記パイロット信号の信号点との距離又は距離の 2 乗を算出する信号点距離算出部と、

前記信号点距離算出部で算出した前記距離又は前記距離の 2 乗から、平均値を算出し前記雑音電力信号として出力する平均化部とを備えることを特徴とする、

直交周波数分割多重信号の復調装置。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の直交周波数分割多重信号の復調装置であって、

前記雑音電力算出部は、受信した前記直交周波数分割多重信号を所定の信号と比較して算出したゲイン調整信号に基づいて、受信した前記直交周波数分割多重信号の平均的な雑音電力を推定し、前記雑音電力信号として出力することを特徴とする、

直交周波数分割多重信号の復調装置。

【請求項 4】 請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の直交周波数分割多重信号の復調装置であって、

前記重み係数算出部は、

前記内挿フィルタ部より出力された前記サブキャリア成分の前記伝送路特性から、前記サブキャリア成分の振幅又は振幅の 2 乗である伝送路特性電力情報を算出する信号レベル算出部と、

前記雑音電力算出部から出力された前記雑音電力信号に応じて、前記伝送路特性電力情報に係数を乗じオフセット値を加算し、ブランチメトリックに対する重み係数に変換するレベル変換部とを備えることを特徴とする、

直交周波数分割多重信号の復調装置。

【請求項 5】 請求項 1 乃至請求項 3 のいずれかに記載の直交周波数分割多重信号の復調装置であって、

前記重み係数算出部は、

前記内挿フィルタ部より出力された前記サブキャリア成分の前記伝送路特性から、前記サブキャリア成分の振幅又は振幅の 2 乗である伝送路特性電力情報を算出する信号レベル算出部と、

前記伝送路特性電力情報を予め定められた変換基準に基づいて変換するレベル変換基準部と、

前記雑音電力算出部から出力された前記雑音電力信号に応じて、前記レベル変換基準部で変換された前記伝送路特性電力情報に係数を乗じオフセット値を加算し、ブランチメトリックに対する重み係数に変換するレベル変換部とを備えることを特徴とする、

直交周波数分割多重信号の復調装置。

【請求項 6】 請求項 4 又は請求項 5 に記載の直交周波数分割多重信号の復調装置であって、

前記重み係数算出部は、

変調方式及び符号化率の情報に基づいて、前記レベル変換部に入力する前記雑音電力信号を調整する調整部をさらに備えたことを特徴とする、

直交周波数分割多重信号の復調装置。

【請求項 7】 直交周波数分割多重方式で伝送された畳み込み符号化したデータを復調する直交周波数分割多重信号の復調方法であって、

受信した直交周波数分割多重信号をフーリエ変換により複数のサブキャリア成分に変換するフーリエ変換工程と、

前記フーリエ変換工程から出力された複数の前記サブキャリア成分から複数のパイロット信号を抽出するパイロット抽出工程と、

送信前の前記パイロット信号である既知信号を生成する既知信号生成工程と、

前記パイロット抽出工程から出力された前記パイロット信号を、前記既知信号生成工程から出力された対応する前記既知信号で除算することにより前記パイロット信号の伝送路特性を算出する第 1 除算工程と、

前記第1除算工程から出力された前記パイロット信号の前記伝送路特性から前記サブキャリア成分の伝送路特性を算出する内挿フィルタ工程と、

前記フーリエ変換工程から出力された複数の前記サブキャリア成分を所定量遅延させる第1遅延調整工程と、

前記第1遅延調整工程により遅延調整された複数の前記サブキャリア成分を前記内挿フィルタ工程から出力された対応する前記サブキャリア成分の前記伝送路特性で除算することにより、複数の前記サブキャリア成分の振幅及び位相を補正する第2除算工程と、

前記第2除算工程から出力された複数の前記サブキャリア成分から雑音電力に比例する雑音電力信号を算出する雑音電力算出工程と、

前記内挿フィルタ工程から出力された前記サブキャリア成分の前記伝送路特性と前記雑音電力算出工程から出力された前記雑音電力信号とからブランチメトリックに対する重み係数を算出する重み係数算出工程と、

前記第2除算工程から出力された複数の前記サブキャリア成分に対して、前記重み係数算出工程から出力された前記ブランチメトリックに対する重み係数に基づいてビタビ復号を行い、畳み込み符号化した前記データを再生するビタビ復号工程とを備えたことを特徴とする、

直交周波数分割多重信号の復調方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、直交周波数分割多重信号の復調装置又は復調方法に係る発明であって、特に、直交周波数分割多重方式により伝送された畳み込み符号化したデータを復調する直交周波数分割多重信号の復調装置又は復調方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

従来の直交周波数分割多重信号の復調装置は、直交周波数分割多重信号をフーリエ変換し、フーリエ変換結果であるサブキャリア成分と同期して受信装置にお

いて既知信号である送信前のパイロット信号を発生させる。そして、復調装置は、受信したパイロット信号のサブキャリア成分を送信前のパイロット信号で除算することで、パイロット信号の伝送路特性を算出することができる。このパイロット信号の伝送路特性を時間方向及び周波数方向に内挿する内挿フィルタでフィルタリングすることで、全てのサブキャリア成分に対する伝送路特性を算出することができる。さらに、フーリエ変換結果であるサブキャリア成分を内挿フィルタの出力ある対応する伝送路特性で除算することで、各サブキャリア成分の位相及び振幅補正を行い各サブキャリア成分の復調をすることができる。

【0003】

次に、畳み込み符号化したデータが直交周波数分割多重方式で伝送されてきた場合は、各サブキャリア成分に復調された後にビタビ復号器において復号する必要がある。ここで、ビタビ復号とは畳み込み符号の持つ繰り返し構造を利用して、最尤復号を効率的に実行する復号方法である。まず、ビタビ復号器では、位相及び振幅補正後の受信したサブキャリア成分の受信点配置と、変調方式に依存して一義的に定まる信号点配置との間の尤度を示すブランチメトリックを求める。可能性のあるトレリスの全ての生き残りパスを求め、それぞれのパスのブランチメトリックを累積加算し、累積加算結果が最も小さいパスを選択する。ビタビ復号器では、この選択されたパスのステートを復号結果として出力し、送信データを再生する。

【0004】

特許文献1に、ビタビ復号器を内部に有した直交周波数分割多重信号の復調装置の例が示されている。特許文献1では、直交周波数分割多重信号の受信装置がフーリエ変換した後の振幅変調信号を波形等化するイコライザと、ビタビ復号器を内部に有した伝送路復号回路とを備えている。直交周波数分割多重信号の受信装置は、直交周波数分割多重信号のシンボルの帯域端に位置するサブキャリアに変調されている信号に対しては、シンボルの帯域中心のサブキャリアに変調された信号よりも、ブランチメトリックの重み付けを軽くする。これにより、シンボルの帯域端に位置するサブキャリアに変調されている信号のステートメトリックへの寄与度を、帯域中心に位置するサブキャリアに変調されている信号よりも低

くしている。

【0005】

【特許文献1】

特開 2002-344414 号公報（第 5-8 頁、第 1-6 図）

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

上記のような従来の直交周波数分割多重信号の復調装置では、復調したサブキャリア成分の信号点配置と、変調方式に依存して一義的に定まる信号点配置との尤度であるユークリッド距離を演算し、その結果に基づいてブランチメトリックを算出している。そのため、従来の復調装置で求められたブランチメトリックには、信号点配置間のユークリッド距離（以下、単に距離ともいう）は考慮されているが復調信号に含まれる雑音の大きさは考慮されていない。また、特許文献 1 においても、シンボルの帯域での位置を考慮してブランチメトリックを算出しているが、復調信号に含まれる雑音の大きさは考慮されていない。

【0007】

しかし、ブランチメトリックは、本来復調信号のユークリッド距離と雑音電力の関数となるものである。そのため、信号配置間の距離を考慮してブランチメトリックを算出しても、復調信号に含まれる雑音の雑音電力の絶対量が考慮されなければ最適なブランチメトリックが算出できない。ビタビ復号において雑音電力の絶対量が反映される構成でなければ、復号後の誤り率を十分に小さくできないという問題点があった。

【0008】

そこで、本発明は、上述のような課題を解消するためになされたもので、復調信号又は受信信号に含まれる雑音の大きさをもとにブランチメトリックに対して重み付けを行い、その結果に基づいてビタビ復号を行う直交周波数分割多重信号の復調装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】

本発明に係る解決手段は、直交周波数分割多重方式で伝送された畳み込み符号

化したデータを復調する直交周波数分割多重信号の復調装置であって、受信した直交周波数分割多重信号をフーリエ変換により複数のサブキャリア成分に変換するフーリエ変換部と、フーリエ変換部から出力された複数のサブキャリア成分から複数のパイロット信号を抽出するパイロット抽出部と、送信前のパイロット信号である既知信号を生成する既知信号生成部と、パイロット抽出部から出力されたパイロット信号を、既知信号生成部から出力された対応する既知信号で除算することによりパイロット信号の伝送路特性を算出する第1除算部と、第1除算部から出力されたパイロット信号の伝送路特性からサブキャリア成分の伝送路特性を算出する内挿フィルタ部と、フーリエ変換部から出力された複数のサブキャリア成分を所定量遅延させる遅延調整部と、遅延調整部により遅延調整された複数のサブキャリア成分を内挿フィルタ部から出力された対応するサブキャリア成分の伝送路特性で除算することにより、複数のサブキャリア成分の振幅及び位相を補正する第2除算部と、第2除算部から出力された複数のサブキャリア成分から雑音電力に比例する雑音電力信号を算出する雑音電力算出部と、内挿フィルタ部から出力されたサブキャリア成分の伝送路特性と雑音電力算出部から出力された雑音電力信号とからブランチメトリックに対する重み係数を算出する重み係数算出部と、第2除算部から出力された複数のサブキャリア成分に対して、重み係数算出部から出力されたブランチメトリックに対する重み係数に基づいてビタビ復号を行い、畳み込み符号化したデータを再生するビタビ復号部とを備える。

【0010】

【発明の実施の形態】

以下、本発明をその実施の形態を示す図面に基づいて具体的に説明する。

【0011】

(実施の形態1)

まず、本発明に用いられている直交周波数分割多重方式の伝送技術について説明する。この直交周波数分割多重方式は、互いに周波数が直交する複数の搬送波（以下、サブキャリア成分ともいう）を使って送信データを伝送し、受信装置において送信データを再生する伝送方式である。本発明では、畳み込み符号化した送信データを直交周波数分割多重方式によって送受信するシステムである。その

ため、送信装置において所定の符号化率で畳み込み符号化された送信データは、各サブキャリア成分の変調方式に応じた信号点配置に割り振られる。具体的に送信信号は、逆フーリエ変換を行い互い、周波数の直交する複数のサブキャリア成分が多重する信号として生成した後、信号の最後尾の一部がガード区間として信号の先頭に付加される。その後、送信信号は、所定の周波数帯域に周波数変換して送信される。

【0012】

一方、受信装置においては、受信した信号を所定の周波数帯域に周波数変換し、ガード区間の位置を特定して同期を確立する。その後、同期を確立した受信信号に対してフーリエ変換を行い、各サブキャリア成分を算出する。サブキャリア成分毎に復調した後、ビタビ復号を行って復号し送信データを再生する。

【0013】

サブキャリア成分の復調は、フーリエ変換出力における振幅及び位相の変化量を算出し、その結果に基づいて送信時の信号点配置を再生する。これを実現する方式として、振幅及び位相の変化量を算出するために特定のサブキャリアを使って既知信号であるパイロット信号を送信する方式が広く知られている。例えば、日本における地上波デジタルTV放送方式では、周波数方向に12個に1個の割合で、且つ時間方向に4シンボルに1シンボルの割合でスカッタード・パイロット信号（以下、パイロット信号ともいう）が挿入されている。日本における地上波デジタルTV放送では、受信装置においてパイロット信号をもとにサブキャリアの復調を行っている。

【0014】

図1に、本実施の形態に係る直交周波数分割多重信号の復調装置の構成図を示す。図1では、受信した直交周波数分割多重信号を所定の信号帯域に周波数変換した信号（以下、S1ともいう）が、フーリエ変換部1に入力される。フーリエ変換部1に入力されたS1は、所定のタイミングでフーリエ変換される。このフーリエ変換部1の出力は、一方がパイロット抽出部2に入力される。パイロット抽出部2において、受信した信号に含まれるパイロット信号を抽出する。パイロット信号は受信装置において既知信号であるため、既知信号生成部3で既知信号

である送信前のパイロット信号を生成する。なお、既知信号生成部 3 でのパイロット信号を生成は、パイロット信号抽出部 2 の出力に同期したタイミングで既知信号を発生する。

【0015】

第 1 除算部 4 では、パイロット抽出部 2 の出力である受信したパイロット信号を既知信号生成部 3 で発生した送信前のパイロット信号で除算し、受信した各パイロット信号における伝送路特性を算出する。算出した伝送路特性は、受信したパイロット信号のサブキャリア成分に対してのみ得られる。そのため、このパイロット信号の伝送路特性から、全てのサブキャリア成分に対する伝送路特性を得るには、フィルタリングによる内挿処理が必要となる。

【0016】

ここで、本実施の形態では、日本における地上波デジタル TV 放送方式のパイロット信号を用いるものとして説明する。但し、本発明が日本における地上波デジタル TV 放送方式のパイロット信号に限られず、他の方式であっても良い。図 2 に、本実施の形態に係るパイロット信号の配置図を示す。図 2 では、横軸に周波数、縦軸に時間を取り、パイロット信号を黒丸、それ以外のサブキャリア成分を白丸として表している。そして、図 2 では、パイロット信号が周波数方向に 12 個に 1 個の割合で、且つ時間方向に 4 シンボルに 1 シンボルの割合で挿入されている。なお、パイロット信号の周波数位置は、4 シンボル周期で変化している。

【0017】

従って、このパイロット信号の伝送路特性から全てのサブキャリア成分に対する伝送路特性を算出するには、時間方向と周波数方向の内挿処理が必要となる。そこで、本実施の形態では、第 1 除算部 4 の出力に対し、内挿フィルタ部 5 を設けている。内挿フィルタ部 5 では、時間方向及び周波数方向の内挿処理を行う。この内挿処理によりパイロット信号の伝送路特性から、全てのサブキャリア成分に対する伝送路特性を推定することができる。

【0018】

フーリエ変換部 1 の出力の他方は、遅延調整部 6 に入力される。この遅延調整

部 6 では、内挿フィルタ部 5 で推定されたサブキャリア成分の伝送路特性と、フーリエ変換部 1 の出力であるサブキャリア成分とを同期させるため、フーリエ変換部 1 の出力であるサブキャリア成分に対して遅延調整が行われる。次に、第 2 除算部 7 では、遅延調整部 6 で遅延調整された各サブキャリア成分を対応する伝送路特性で除算し、各サブキャリア成分の復調を行う。第 2 除算部 7 の出力は、フーリエ変換部 1 の出力に対して振幅及び位相補正が施されたサブキャリア成分である。ここで、図 3 に、本実施の形態に係るサブキャリア成分の信号点平面図を示す。なお、図 3 では、横軸を実軸 I、縦軸を虚軸 Q とし、パイロット信号を黒丸、それ以外のサブキャリア成分を白丸として表している。また、図 3 では、パイロット信号が BPSK (Binary Phase Shift Keying)、その他のサブキャリア成分が 16 値 QAM (Quadrature Amplitude Modulation) で伝送されている場合を示している。

【0019】

パイロット信号は既知信号であるため、第 2 除算部 7 から出力されたパイロット信号の信号点平面上の点と、送信前のパイロット信号の信号点平面上の点との距離又は距離の 2 乗値は、復調信号における雑音電力に比例して増大する信号であると解釈できる。そこで、本実施の形態では、第 2 除算部 7 の出力部に第 1 の雑音電力算出部 8 を設け、復調信号の雑音電力に比例する雑音電力信号を算出する。

【0020】

図 4 に、本実施の形態に係る第 1 の雑音電力算出部 8 の構成図を示す。図 4 では、第 2 除算部 7 からの出力が、パイロット補正信号抽出部 80 に入力される。パイロット補正信号抽出部 80 では、第 2 除算部 7 の出力であるサブキャリア成分からパイロット信号を抽出する。信号点距離算出部 81 では、第 2 除算部 7 から出力されたパイロット信号の信号点平面上の点と、送信前のパイロット信号の信号点平面上の点との距離又は距離の 2 乗値を算出する。平均化部 82 では、信号点距離算出部 81 の出力である信号点間の距離又は距離の 2 乗値の平均値を算出し、復調信号の雑音電力に比例する雑音電力信号として第 1 のブランチメトリ

ック重み係数算出部 9 に出力している。なお、復調信号の雑音電力成分が大きいほど、第 1 の雑音電力算出部 8 の出力は大きくなる。

【0021】

第 1 のブランチメトリック重み係数算出部 9 は、内挿フィルタ部 5 からの各サブキャリア成分を対応する伝送路特性と、第 1 の雑音電力算出部 8 からの雑音電力信号とから、ビタビ復号に用いるブランチメトリックに対する重み係数を算出している。図 5 に、本実施の形態に係る第 1 のブランチメトリック重み係数算出部 9 の構成図を示す。図 5 では、内挿フィルタ部 5 からの伝送路特性が、信号レベル算出部 90 に入力されている。この信号レベル算出部 90 では、内挿フィルタ部 5 の伝送路特性からサブキャリア成分毎に振幅又は振幅の 2 乗値（以下、伝送路特性電力情報ともいう）を算出する。信号レベル算出部 90 で算出された伝送路特性電力情報は、レベル変換部 91 に入力される。このレベル変換部 91 では、第 1 の雑音電力算出部 8 からの雑音電力信号に応じて、信号レベル算出部 90 からの伝送路特性電力情報に係数を乗じ、オフセット値を加算してブランチメトリックに対する重み係数を算出する。

【0022】

ここで、オフセット値は、実際にハードウェアを構成したときに生じるビット制限や丸めの影響などを軽減するための微調整を行う値である。なお、伝送路特性電力情報に乗じる係数や加算するオフセット値は、シミュレータや実際に作製したハードウェアを用いて、受信信号の各種条件を変化させながら復調後の誤り率を測定することで最適な値を求めている。

【0023】

第 1 のブランチメトリック重み係数算出部 9 で算出された重み係数は、ビタビ復号部 10 に入力される。このビタビ復号部 10 では、第 2 除算部の出力であるサブキャリア成分に対し、第 1 のブランチメトリック重み係数算出部 9 からの重み係数を考慮したブランチメトリックを算出し、このブランチメトリックの累積加算結果のうち最小となるパスを選択して復号した信号（以下、S2ともいう）を出力する。

【0024】

図6に、本実施の形態に係るビタビ復号部10の構成図を示す。図6では、第2除算部からのサブキャリア成分がブランチメトリック演算部100に入力される。このブランチメトリック演算部100では、復調したサブキャリア成分の信号点と、変調方式によって一義的に定まる各信号点との距離を求め、畳み込み符号化器の構成によって決まるブランチメトリックを所定の個数分算出する。ブランチメトリック演算部100で算出されたブランチメトリックは、重み係数乗算部101に入力される。重み係数乗算部101では、各ブランチメトリックに対して第1のブランチメトリック重み係数算出部9で算出した重み係数を乗算する。重み係数が乗算された各ブランチメトリックは、加算・比較・選択部102において累積加算して複数のパスが算出される。また、加算・比較・選択部102では、算出されたそれぞれのパスを比較し、最も値が小さくなるパスを選択する。この選択したパスのブランチメトリックの累積加算結果を、生き残りパスメトリックとしてパスメモリ部103に記憶する。このパスメモリ部103では、生き残りパスメトリックを記憶し、このパスメトリックに対応する情報系列を復号信号として出力する。

【0025】

以上のように、本実施の形態に記載の直交周波数分割多重信号の復調装置又は方法は、直交周波数分割多重方式で伝送された畳み込み符号化したデータを復調する直交周波数分割多重信号の復調装置であって、受信した直交周波数分割多重信号をフーリエ変換により複数のサブキャリア成分に変換するフーリエ変換部1での工程と、フーリエ変換部1から出力された複数のサブキャリア成分から複数のパイロット信号を抽出するパイロット抽出部2での工程と、送信前のパイロット信号である既知信号を生成する既知信号生成部3での工程と、パイロット抽出部2から出力されたパイロット信号を、既知信号生成部3から出力された対応する既知信号で除算することによりパイロット信号の伝送路特性を算出する第1除算部4での工程と、第1除算部4から出力されたパイロット信号の伝送路特性からサブキャリア成分の伝送路特性を算出する内挿フィルタ部5での工程と、フーリエ変換部1から出力された複数のサブキャリア成分を所定量遅延させる遅延調整部6での工程と、遅延調整部6により遅延調整された複数のサブキャリア成分

を内挿フィルタ部から出力された対応するサブキャリア成分の伝送路特性で除算することにより、複数のサブキャリア成分の振幅及び位相を補正する第2除算部7での工程と、第2除算部7から出力された複数のサブキャリア成分から雑音電力に比例する雑音電力信号を算出する第1の雑音電力算出部8での工程と、内挿フィルタ部5から出力されたサブキャリア成分の伝送路特性と第1の雑音電力算出部8から出力された雑音電力信号とからブランチメトリックに対する重み係数を算出する第1のブランチメトリック重み係数算出部9での工程と、第2除算部7から出力された複数のサブキャリア成分に対して、第1のブランチメトリック重み係数算出部9から出力されたブランチメトリックに対する重み係数に基づいてビタビ復号を行い、畳み込み符号化したデータを再生するビタビ復号部10での工程とを備えるので、雑音電力を考慮したビタビ復号が可能となり、復号後の誤り率を軽減することができる。

【0026】

また、本実施の形態に記載の直交周波数分割多重信号の復調装置は、第1の雑音電力算出部8が、第2除算部7から出力された複数のサブキャリア成分から補正後のパイロット信号を抽出するパイロット補正信号抽出部80と、補正後のパイロット信号の信号点と送信前のパイロット信号の信号点との距離又は距離の2乗を算出する信号点距離算出部81と、信号点距離算出部81で算出した距離又は距離の2乗から、平均値を算出し雑音電力信号として出力する平均化部82とを備えるので、雑音電力に比例する信号を算出することができ、ビタビ復号に雑音電力を考慮することで復号後の誤り率を軽減することができる。

【0027】

さらに、本実施の形態に記載の直交周波数分割多重信号の復調装置は、第1のブランチメトリック重み係数算出部9が、内挿フィルタ部5より出力されたサブキャリア成分の伝送路特性から、サブキャリア成分の振幅又は振幅の2乗である伝送路特性電力情報を算出する信号レベル算出部90と、雑音電力算出部8から出力された雑音電力信号に応じて、伝送路特性電力情報に係数を乗じオフセット値を加算し、ブランチメトリックに対する重み係数に変換するレベル変換部91とを備えるので、雑音電力を考慮したブランチメトリックを算出でき、ビタビ復

号後の誤り率を軽減することができる。

【0028】

(実施の形態2)

実施の形態1では、復調したパイロット信号から平均的な雑音電力信号を算出し、この雑音電力信号に基づいてブランチメトリックの重み係数を算出していた。しかし、本実施の形態では、受信信号の入力レベルから平均的な雑音電力信号を算出し、この雑音電力信号に基づいてブランチメトリックの重み係数を算出する。

【0029】

図7に、本実施の形態に係る直交周波数分割多重信号の復調装置の構成図を示す。図7でも、フーリエ変換部1、パイロット抽出部2、既知信号生成部3、第1除算部4、内挿フィルタ部5、遅延調整部6、第2除算部7、第1のブランチメトリック重み係数算出部9及びビタビ復号部10が用いられているが、これらは実施の形態1と同様の機能を有する。本実施の形態では、実施の形態1と異なり、受信レベル調整部11及び受信レベル誤差検出部12の出力から雑音電力信号を算出する第2の雑音電力算出部13が第1の雑音電力算出部8の代わりに設けられている。以下、本実施の形態では、第2の雑音電力算出部13に関する動作のみを説明し、実施の形態1と同じ部分については説明を省略する。

【0030】

伝送路を伝わり受信装置で受信した直後の受信信号（以下、S0ともいう）は、所定の周波数帯域に周波数変換し所望の信号レベルに調整する前の信号である。このS0は、受信レベル調整部11に入力される。この受信レベル調整部11では、受信レベル誤差検出部12から出力される信号（以下、ゲイン調整信号ともいう）に基づいてS0の信号レベルを所望のレベルに調整する。受信レベル誤差検出部12では、受信レベル調整部11の出力信号の電力を算出し、これを所定のレベルと比較してレベル誤差を検出する。さらに、受信レベル誤差検出部12では、検出結果の高域成分をフィルタによって抑圧し、ゲイン調整信号として受信レベル調整部11に出力する。なお、これら受信レベル調整部11と受信レベル誤差検出部12で構成される回路は、AGC (Automatic Gain Control)

n Control) 回路として一般に知られている。

【0031】

本実施の形態では、受信レベル誤差検出部12からのゲイン調整信号は、第2の雑音電力算出部13にも入力されている。この第2の雑音電力算出部13は、受信レベル誤差検出部12から出力されるゲイン調整信号に基づいて受信信号の平均的な雑音電力信号を推定する。すなわち、S0の信号電力が所望のレベルよりも小さい場合、受信レベル調整部11では信号レベルを増幅するが、このとき雑音成分も同様に増幅されるため、S1における雑音電力は相対的に大きくなる。逆に、S0の信号電力が大きい場合、信号の増幅度が減少するため、雑音成分の増幅度も小さくなり、S1における雑音電力は相対的に小さくなる。よって、ゲイン調整信号の大きさによって雑音電力の相対値が推定できる。

【0032】

例えば、第2の雑音電力算出部13は、ゲイン調整信号を雑音電力信号に変換するテーブルを有し、このテーブルに基づいて雑音電力信号を第1のブランチメトリック重み係数算出部9に出力する構成が考えられる。このテーブルは、S0の増幅度が大きくなるようなゲイン調整信号の場合、雑音電力が大きくなると推測でき雑音電力信号は大きな値が設定され、S0の増幅度が小さくなるようなゲイン調整信号の場合、雑音電力が小さくなると推測でき雑音電力信号は小さな値が設定される。

【0033】

以上のように、本実施の形態に記載された直交周波数分割多重信号の復調装置は、雑音電力算出部9が、受信した直交周波数分割多重信号を所定の信号と比較して算出したゲイン調整信号に基づいて、受信した直交周波数分割多重信号の平均的な雑音電力を推定し、雑音電力信号として出力するので、雑音電力を考慮したビタビ復号が可能となり、復号後の誤り率を軽減することができる。

【0034】

(実施の形態3)

実施の形態1では、第1のブランチメトリックの重み係数算出部において、内挿フィルタ5の出力から各サブキャリア成分の伝送路特性電力情報を算出し、こ

の伝送路特性電力情報に対して雑音電力信号に応じて係数を乗じオフセット値を加算してブランチメトリックの重み係数を算出している。しかし、本実施の形態では、伝送路特性電力情報に対して所定の関数による信号変換を行い、この変換後の信号に対して雑音電力信号に応じて係数を乗じオフセット値を加算してブランチメトリックの重み係数を算出している。

【0035】

図8に本実施の形態に係る直交周波数分割多重信号の復調装置の構成図を示す。図8でも、フーリエ変換部1、パイロット抽出部2、既知信号生成部3、第1除算部4、内挿フィルタ部5、遅延調整部6、第2除算部7、第1の雑音電力算出部8及びビタビ復号部10が用いられているが、これらは実施の形態1と同様の機能を有する。本実施の形態では、実施の形態1と異なり、第2のブランチメトリック重み係数算出部14が第1のブランチメトリック重み係数算出部9の代わりに設けられている。以下、本実施の形態では、第2のブランチメトリック重み係数算出部14に関する動作のみを説明し、実施の形態1と同じ部分については説明を省略する。

【0036】

第2のブランチメトリック重み係数算出部14も、内挿フィルタ部5の出力及び第1の雑音電力算出部8の出力から、ビタビ復号部10に用いられるブランチメトリックに対する重み係数を算出している。但し、第1のブランチメトリック重み係数算出部9と異なるのは、内挿フィルタ部5の出力から得られる伝送路特性電力情報に対して所定の関数による信号変換を行う点である。図9に、本実施の形態に係る第2のブランチメトリック重み係数算出部14の構成図を示す。

【0037】

図9では、内挿フィルタ部5からの伝送路特性が、信号レベル算出部90に入力されている。この信号レベル算出部90では、内挿フィルタ部5の伝送路特性からサブキャリア成分毎に伝送路特性電力情報を算出する。信号レベル算出部90で算出された伝送路特性電力情報は、レベル変換テーブル部140に入力されている。このレベル変換テーブル部140は、信号レベル算出部90から出力される伝送路特性電力情報を、予め定められた変換基準である変換テーブルによっ

て信号を変換するレベル変換基準部として機能する。変換テーブルには、入力される伝送路特性電力情報の信号に対して所定の関数に応じた出力値が格納されている。

【0038】

この関数として、例えば図10に示すような非線形関数が採用される。図10では、横軸が入力信号である伝送路特性電力情報の信号、縦軸が出力信号である変換後の伝送路特性電力情報の信号をそれぞれ示している。図10では、大きな入力信号に対して出力信号がクリップされている部分が存在する。この部分は、伝送路特性電力情報が一定のレベル以上で復号する情報の信頼性が十分高いため、重み係数を大きくしなくとも復号後の誤り率に大きな影響は出ない部分である。また、重み係数を大きくせずに一定値にすることで、重み係数のビット数を制限して回路規模を縮小することができるという利点もある。

【0039】

さらに図10では、入力信号が小さいほど出力信号が小さくなるような非線形曲線となっている。これは、伝送路特性電力情報の信号が小さい場合、復号する情報の信頼性が低いため、重み係数をより小さく設定する方が復号後の誤り率を軽減できるという利点があるためである。なお、変換テーブルに用いられる関数は、図10に示した関数に限られず、シミュレータや実際に作製したハードウェアを用いて、受信信号の各種条件を変化させながら復調後の誤り率を測定することで最適な関数を適用する。

【0040】

レベル変換テーブル部140において変換された信号は、レベル変換部91に入力される。このレベル変換部91では、第1の雑音電力算出部8からの雑音電力信号に応じて、レベル変換テーブル部140において変換された信号に係数を乗じ、オフセット値を加算してブランチメトリックに対する重み係数を算出する。なお、レベル変換テーブル部140において変換された信号に乗じる係数や加算するオフセット値も、シミュレータや実際に作製したハードウェアを用いて、受信信号の各種条件を変化させながら復調後の誤り率を測定することで最適な値を求めている。

【0041】

以上のように、本実施の形態に記載の直交周波数分割多重信号の復調装置は、第2のブランチメトリック重み係数算出部14は、内挿フィルタ部5より出力されたサブキャリア成分の伝送路特性から、サブキャリア成分の振幅又は振幅の2乗である伝送路特性電力情報を算出する信号レベル算出部90と、伝送路特性電力情報を予め定められた変換テーブルに基づいて変換するレベル変換テーブル部140と、雑音電力算出部から出力された雑音電力信号に応じて、レベル変換テーブル部140で変換された伝送路特性電力情報に係数を乗じオフセット値を加算し、ブランチメトリックに対する重み係数に変換するレベル変換部91とを備えるので、伝送路特性電力情報に対して所望の信号変換ができ、復号後の誤り率を軽減することができる。

【0042】

(実施の形態4)

実施の形態1では、サブキャリア成分の変調方式や符号化率とは無関係にブランチメトリックの重み係数を算出していた。しかし、本実施の形態では、サブキャリア成分の変調方式や符号化率を考慮し最適化したブランチメトリックの重み係数を算出する。

【0043】

図11に、本実施の形態に係る直交周波数分割多重信号の復調装置の構成図を示す。図11でも、フーリエ変換部1、パイロット抽出部2、既知信号生成部3、第1除算部4、内挿フィルタ部5、遅延調整部6、第2除算部7、第1の雑音電力算出部8及びビタビ復号部10が用いられているが、これらは実施の形態1と同様の機能を有する。本実施の形態では、実施の形態1と異なり、第3のブランチメトリック重み係数算出部15が第1のブランチメトリック重み係数算出部9の代わりに設けられている。以下、本実施の形態では、第3のブランチメトリック重み係数算出部15に関する動作のみを説明し、実施の形態1と同じ部分については説明を省略する。

【0044】

第3のブランチメトリック重み係数算出部15は、サブキャリア成分の変調方

式及び符号化率を考慮して、内挿フィルタ部 5 の出力及び第 1 の雑音電力算出部 8 の出力からビタビ復号部 10 に用いるブランチメトリックに対する重み係数を算出する。図 12 に、本実施の形態に係る第 3 のブランチメトリック重み係数算出部 15 の構成図を示す。

【0045】

図 12 では、内挿フィルタ部 5 からの伝送路特性が、信号レベル算出部 90 に入力されている。この信号レベル算出部 90 では、内挿フィルタ部 5 の伝送路特性からサブキャリア成分毎に伝送路特性電力情報を算出する。信号レベル算出部 90 で算出された伝送路特性電力情報は、レベル変換テーブル部 140 に入力されている。このレベル変換テーブル部 140 は、信号レベル算出部 90 から出力される伝送路特性電力情報を、変換テーブルによって信号を変換する。変換テーブルには、入力される伝送路特性電力情報の信号に対して所定の関数に応じた出力値が格納されている。

【0046】

レベル変換テーブル部 140 において変換された信号は、レベル変換部 91 に入力される。本実施の形態のレベル変換部 91 は、レベル変換テーブル部 140 において変換された信号に対し、ゲインテーブル部 150 の出力に応じた係数を乗じ、オフセットテーブル部 151 の出力に応じたオフセット値を加算する。ここで、ゲインテーブル部 150 は、第 1 の雑音電力算出部 8 の出力を、変調方式及び符号化率の情報に応じて調整し、その値をレベル変換部 91 に出力する機能を有する調整部である。また、オフセットテーブル部 151 は、第 1 の雑音電力算出部 8 の出力を、変調方式及び符号化率の情報に応じて調整し、その値をレベル変換部 91 に出力する機能を有する調整部である。なお、ゲインテーブル部 150 及びオフセットテーブル部 151 における調整に用いられる変換テーブルや関数などは、シミュレータや実際に作製したハードウェアを用いて、受信信号の各種条件を変化させながら復調後の誤り率を測定すること求められている。ここで、変調方式の例として QPSK、64QAM などがあり、符号化率の例として $1/2$ 、 $7/8$ などがある。

【0047】

以上のように、本実施の形態に記載された直交周波数分割多重信号の復調装置は、第3のブランチメトリック重み係数算出部15は、変調方式及び符号化率の情報に基づいて、レベル変換部91に入力する雑音電力信号を調整するゲインテーブル部150及びオフセットテーブル部151である調整部をさらに備えるので、サブキャリア成分の変調方式や畳み込み符号の符号化率に応じてブランチメトリックに対する重み係数を最適化でき、さまざまな変調方式及び符号化率で送信される信号に対して適応的に対応して復号後の誤り率を軽減することができる。

【0048】

なお、本実施の形態では、レベル変換テーブル部140が設けられている場合について説明したが、本発明はこれに限られずレベル変換テーブル部140がなくても良い。

【0049】

【発明の効果】

本発明に記載の直交周波数分割多重信号の復調装置は、直交周波数分割多重方式で伝送された畳み込み符号化したデータを復調する直交周波数分割多重信号の復調装置であって、受信した直交周波数分割多重信号をフーリエ変換により複数のサブキャリア成分に変換するフーリエ変換部と、フーリエ変換部から出力された複数のサブキャリア成分から複数のパイロット信号を抽出するパイロット抽出部と、送信前のパイロット信号である既知信号を生成する既知信号生成部と、パイロット抽出部から出力されたパイロット信号を、既知信号生成部から出力された対応する既知信号で除算することによりパイロット信号の伝送路特性を算出する第1除算部と、第1除算部から出力されたパイロット信号の伝送路特性からサブキャリア成分の伝送路特性を算出する内挿フィルタ部と、フーリエ変換部から出力された複数のサブキャリア成分を所定量遅延させる遅延調整部と、遅延調整部により遅延調整された複数のサブキャリア成分を内挿フィルタ部から出力された対応するサブキャリア成分の伝送路特性で除算することにより、複数のサブキャリア成分の振幅及び位相を補正する第2除算部と、第2除算部から出力された複数のサブキャリア成分から雑音電力に比例する雑音電力信号を算出する雑音電

力算出部と、内挿フィルタ部から出力されたサブキャリア成分の伝送路特性と雑音電力算出部から出力された雑音電力信号とからブランチメトリックに対する重み係数を算出する重み係数算出部と、第2除算部から出力された複数のサブキャリア成分に対して、重み係数算出部から出力されたブランチメトリックに対する重み係数に基づいてビタビ復号を行い、畳み込み符号化したデータを再生するビタビ復号部とを備えるので、雑音電力を考慮したビタビ復号が可能となり、復号後の誤り率を軽減することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態1に係る直交周波数分割多重信号の復調装置の構成図である。

【図2】 本発明の実施の形態1に係る直交周波数分割多重信号の概念図である。

【図3】 本発明の実施の形態1に係る直交周波数分割多重信号の信号点図である。

【図4】 本発明の実施の形態1に係る雑音電力算出部の構成図である。

【図5】 本発明の実施の形態1に係るブランチメトリック重み係数算出部の構成図である。

【図6】 本発明の実施の形態1に係るビタビ復号部の構成図である。

【図7】 本発明の実施の形態2に係る直交周波数分割多重信号の復調装置の構成図である。

【図8】 本発明の実施の形態3に係る直交周波数分割多重信号の復調装置の構成図である。

【図9】 本発明の実施の形態3に係るブランチメトリック重み係数算出部の構成図である。

【図10】 本発明の実施の形態3に係るレベル変換テーブルの関数を示す図である。

【図11】 本発明の実施の形態4に係る直交周波数分割多重信号の復調装置の構成図である。

【図12】 本発明の実施の形態4に係るブランチメトリック重み係数算出

部の構成図である。

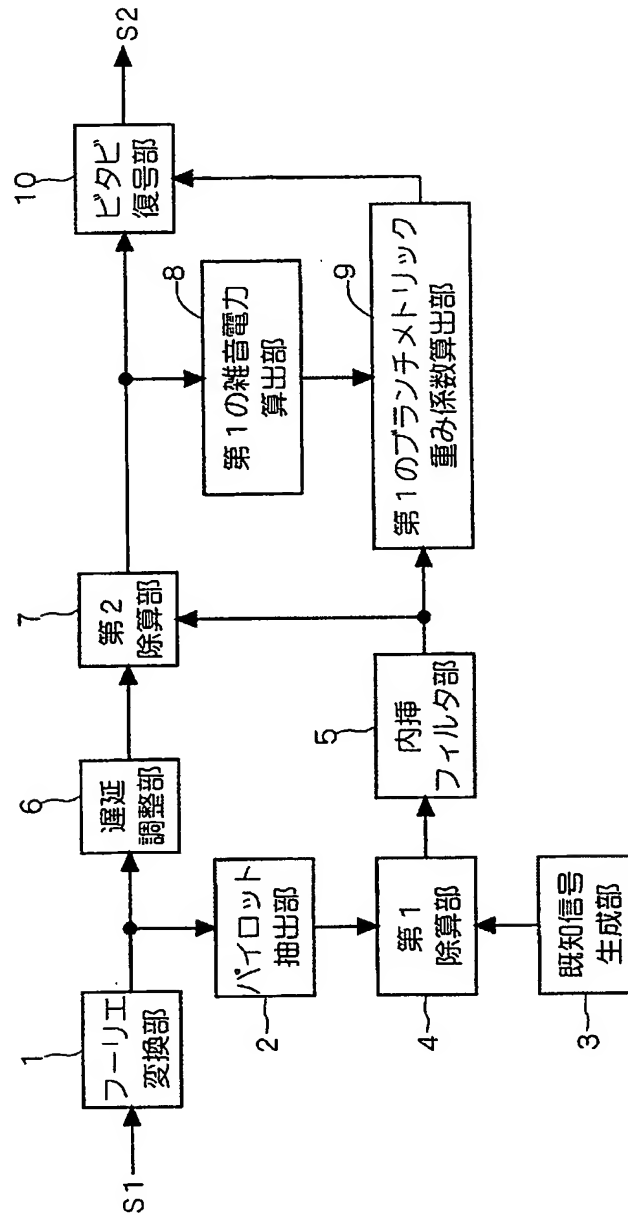
【符号の説明】

1 フーリエ変換部、2 パイロット抽出部、3 既知信号生成部、4 第1除算部、5 内挿フィルタ部、6 遅延調整部、7 第2除算部、8 第1の雑音電力算出部、9 第1のブランチメトリック重み係数算出部、10 ビタビ復号部、11 受信レベル調整部、12 受信レベル誤差検出部、13 第2の雑音電力算出部、14 第2のブランチメトリック重み係数算出部、15 第3のブランチメトリック重み係数算出部、80 パイロット補正信号抽出部、81 信号点距離算出部、82 平均化部、90 信号レベル算出部、91 レベル変換部、100 ブランチメトリック演算部、101 重み係数乗算部、102 加算・比較・選択部、103 パスメモリ部、140 レベル変換テーブル部、150 ゲインテーブル部、151 オフセットテーブル部。

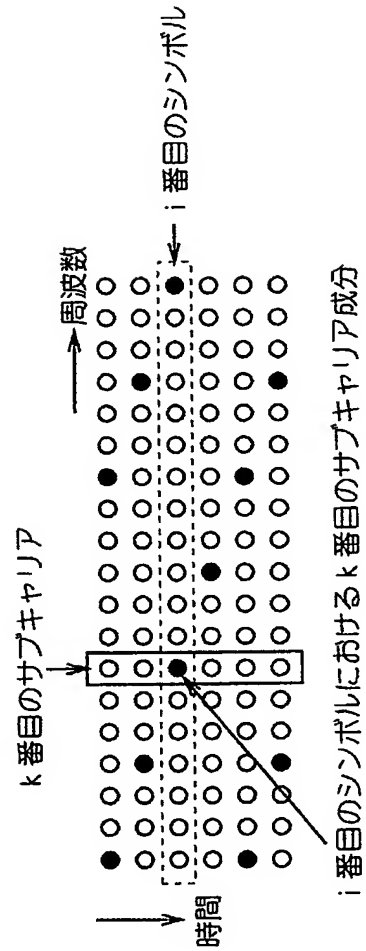
【書類名】

図面

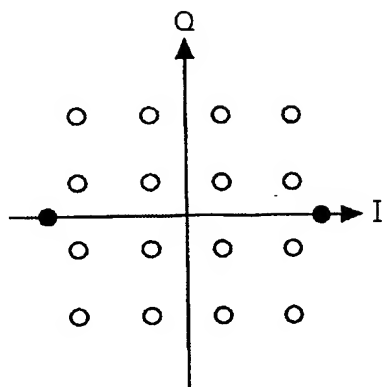
【図1】



【図 2】



【図 3】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.